不同地理种群烟蚜形态特征差异分析

赵 冲，王秀芳，陈 丹，王新伟，薛 冬，任广伟*
(中国农业科学院烟草研究所，烟草病虫害监测与综合治理重点实验室，山东青岛 266101)

摘要：烟蚜 *Myzus persicae* 是一种世界性的重要农业害虫。为探讨我国不同地理种群烟蚜形态特征变异情况，本研究测量了我国 18 个地理种群烟蚜的体长、体宽、头宽、各足腿节长、各足胫节长等 18 个形态性状度量特征和 Q 值，并进行方差分析和基于欧氏距离与地理距离和海拔差距的 Mantel Test，利用各形态特征与体长的比值构成的比例特征进行系统聚类和主成分分析。结果表明：部分地理种群烟蚜的形态性状差异显著。系统聚类和主成分分析表明，18 个烟蚜地理种群中贵州贞丰种群(ZF-GZ)与其他种群相比差异最大，陕西南泥湾(NNW-SX)、湖南慈利(CL-HN)、安徽谯城(QC-AH)和重庆武隆(WL-CQ)种群差异最小，其他种群间的差异程度介于这两者之间。Mantel Test 显示欧氏距离与地理距离、海拔高度差距都不具有相关性。烟蚜种群的形态分化不符合地理隔离模式，地理气候条件对种群形态有一定影响，种群形态差异的形成是多种因素综合作用的结果，但具体作用机制尚不明确。

关键词：烟蚜；聚类分析；主成分分析；形态测量；欧氏距离；地理距离
中图分类号：Q964 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2013)12-1452-12

Morphological variations of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from different geographical populations in China

ZHAO Chong, WANG Xiu-Fang, CHEN Dan, WANG Xin-Wei, XUE Dong, REN Guang-Wei* (Key Laboratory of Tobacco Integrated Pest Management, Tobacco Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao, Shandong 266101, China)

Abstract: The tobacco aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), is an important pest on cultivated crops worldwide. In order to evaluate the morphological variations of *M. persicae* populations from eighteen geographical areas in China, such morphological characters as body length, body width and femur length, and Q value of *M. persicae* were measured and analyzed using ANOVA and Mantel test based on the relationship between the Euclidean distance and the geographical distance or altitude. The ratios of every morphological character to body length were used to carry out hierarchical cluster analysis (HCA) and principal component analysis (PCA). The results showed that there were significant differences in morphometrics among certain geographical populations. The results of HCA and PCA indicated that among the 18 geographical populations, the biggest difference existed between the population from Zhenfeng of Guizhou province and other populations, while the least differences were observed among the populations from Nanniwan of Shaanxi province, Cili of Hunan province, Qiaocheng of Anhui province and Wulong of Chongqing city; the differences among the other populations were between the both. The Mantel Test revealed that there was no significant correlation between the Euclidean distance and the geographical distance or altitude. The morphological differentiation of *M. persicae* is not in conformity with the geographical isolation mode. Geographical and climatic conditions have influences on the morphological variations of *M. persicae* populations, which are caused by many factors. The specific mechanisms of morphological differentiation, however, are not clear.

Key words: *Myzus persicae*; cluster analysis; principal component analysis; morphometry; Euclidean distance; geographical distance

---

基金项目：中国烟草总公司重点科技项目(110200902065)
作者简介：赵冲，男，1988 年生，浙江兰溪人，硕士研究生，研究方向为烟草害虫防治，E-mail：zhaochong827@163.com
*通讯作者 Corresponding author, E-mail：myzus@126.com
收稿日期 Received：2013-08-05；接受日期 Accepted：2013-11-05

烟蚜 *Myzus persicae*（Sulzer），又称桃蚜，属于半翅目（Hemiptera），蚜科（Aphididae），是一种世界性的重要农业害虫。其寄主植物多达 40 科，包括桃树、烟草、马铃薯、油菜等多种农作物。烟蚜主要取食植物韧皮部汁液，可改变植物源库关系（Girousse *et al*., 2005），导致叶片等组织的衰老（Pegadaraju *et al*., 2005）、次生病原菌的侵染和植物病毒病的传播（Gray and Gildow, 2003）。研究表明由烟蚜传播的植物病毒已超过 100 种（Ramsey *et al*., 2007），其传播的马铃薯卷叶病毒（potato leafroll virus, PLRV）能造成马铃薯减产 40%～70%（Mowry, 2005）。

烟蚜寄主广泛，生活周期复杂，繁殖能力强，在长期的进化中为了适应环境条件的胁迫和寄主选择压力的影响，种群间逐渐形成分化，产生了多型多态现象，其中体色多态和寄主专化型为最常见的两种。很多蚜虫种类在田间呈现不同体色，Tadashi（1957）首先提出将桃蚜分为绿色型和红色型，王茂涛等（1991）则认为烟蚜分为黄绿色型、红色型和褐色型。Takada（1988）将 23 种植物上采集的烟蚜按“体色-酶酯型”分为“烟草型”和“非烟草型”。由于长期的遗传分化，陕西十字花科植物上的烟蚜可分为甘蓝型和烟草型（谢贤元，1992）。在分子水平上，烟蚜种群也存在遗传分化现象，Wilson 等（2002）用微卫星技术对澳大利亚西南部 5 个不同地理种群烟蚜分析发现种群间差异显著。在对不完全周期型生活史与不同寄主植物烟蚜进行遗传差异分析时发现烟蚜的遗传分化与烟蚜不同的寄主植物有关（Vorburger, 2006）。Angela 等（2006）通过 RAPD-PCR 方法将意大利 18 个地理种群烟蚜分为两大类，并得出遗传距离与地理距离呈正相关。杨效文等（1999）采用 RAPD-PCR 方法对我国不同地理种群烟蚜进行分析，并指出与全周期型烟蚜相比，全周期型和非全周期型烟蚜混发区与非全周期型烟蚜更为接近，而全周期型和非全周期型混发区烟蚜差异不明显。

昆虫的形态差异往往是其遗传和环境差异共同作用的具体表现，昆虫的形态性状能客观地揭示种群间的差异。郑福山等（2007）对不同地理种群菱角萤叶甲 *Galerucella birmanica* Jacoby 进行数量性状变异分析得出数量性状变异与地理分布相关。牙森·沙力等（2010）根据形态特征将 9 个地理种群西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 分为 3 类。外部形态特征为蚜虫分类的重要依据，不同种群蚜虫形态差异也是蚜虫学重要的研究内容，刘健等（2003）对采自越南、中国海南和北京的棉蚜种群进行研究，发现在低温下发育的成蚜体型随纬度升高而增大。王茂涛等（1991）利用 11 个形态特征进行比较发现不同体色烟蚜在体宽与体长的比值及触角第 6 节基部与第 6 节长度的比值均存在明显差异。在对我国不同地理、不同寄主和不同体色烟蚜种群用 14 个形态指标进行分析后，发现桃树上的烟蚜个体形态与其他寄主上的差异最大（Yang *et al*., 1998）。

烟蚜在我国各省（直辖市、自治区）均有分布，对其生物学特性、生态学特性以及综合防治等方面已有大量研究，但大范围地理种群间烟蚜的形态关系尚未见报道。本文对我国 18 个地理种群的无翅烟蚜样本进行了形态特征分析，以期明确我国不同地理种群烟蚜的形态差异情况，为研究烟蚜形态特征与生态适应性的关系提供依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源及其地理分布

供试烟蚜活体标本于 2011－2012 年采自我国 15 省（直辖市、自治区）的 18 个烟草种植区，采集时期为烟草旺长期至成熟期。每个种群采自同一乡镇的同一块烟田，所采蚜虫均为无翅红褐色烟蚜。将采集的蚜虫置于无水乙醇中，－20℃保存备用。详细信息见表 1。

1.2　烟蚜形态特征测量方法

选择 19 个形态性状特征进行分析，包括 18 个形态度量特征和 1 个形态面积特征 Q 值，其中，Q 值＝体长×体宽。形态性状特征详情见表 2（孟玲等，1998；刘健等，2003；方燕等，2006）。

挑选无翅红褐色成蚜样本于 300 mL 蒸馏水中煮至沸腾，向其中加入 10 g NaOH 煮 20～30 min 至蚜虫体腔变空，冷却至室温后用蒸馏水冲洗，挑取单头蚜虫制作成玻片，置于超景深三维显微系统（型号：VHX-900；生产商：Keyence）下，拍照并测量。

1.3　数据分析

利用 SPSS 13.0 软件计算各地理种群烟蚜形态性状度量特征的平均值、标准差，对数据进行标准化后采用 Duncan 氏新复极差法进行方差分析。计算各变量与体长的比值，获得各地理种群的形态比例特征值，依此进行基于类平均法的系统聚类分析

表 1 烟蚜种群样本采集信息

Table 1 The collecting data of samples of *Myzus persicae* populations

种群代码 Population code	采集地点 Sampling locality	地理位置 Geographical coordinates	海拔高度(m) Altitude	烟草品种 Tobacco variety	采集时间 Collection date	样本量 Number of samples
JX-GX	广西靖西 Jingxi, Guangxi	106°22′E, 23°11′N	727	云烟 97 Yunyan 97	2011.7	39
LL-YN	云南陆良 Luliang, Yunnan	103°41′E, 24°50′N	1998	云烟 97 Yunyan 97	2011.7	40
ZT-YN	云南昭通 Zhaotong, Yunnan	103°42′E, 27°19′N	1921	云烟 97 Yunyan 97	2011.7	40
ZF-GZ	贵州贞丰 Zhenfeng, Guizhou	105°38′E, 25°23′N	1135	云烟 87 Yunyan 87	2011.8	28
YH-JX	江西宜黄 Yihuang, Jiangxi	116°10′E, 27°27′N	104	K326	2011.6	33
HD-SC	四川会东 Huidong, Sichuan	106°36′E, 27°54′N	2135	K326	2011.7	40
XY-SC	四川叙永 Xuyong, Sichuan	109°09′E, 29°40′N	1035	云烟 97 Yunyan 97	2011.8	36
CL-HN	湖南慈利 Cili, Hunan	110°55′E, 29°25′N	632	K326	2011.6	43
NNW-SX	陕西南泥湾 Nanniwan, Shaanxi	117°14′E, 30°24′N	1119	中烟 102 Zhongyan 102	2011.8	33
XY-SX	陕西旬阳 Xunyang, Shaanxi	109°39′E, 36°19′N	271	辽烟 17 Liaoyan 17	2011.8	36
WL-CQ	重庆武隆 Wulong, Chongqing	109°26′E, 31°18′N	1192	云烟 97 Yunyan 97	2011.8	37
ZX-HB	湖北竹溪 Zhuxi, Hubei	109°49′E, 31°43′N	850	云烟 87 Yunyan 87	2011.7	38
QC-AH	安徽谯城 Qiaocheng, Anhui	105°31′E, 32°17′N	44	NC89	2011.8	40
XC-HN	河南许昌 Xuchang, Henan	113°51′E, 34°05′N	71	中烟 102 Zhongyan 102	2012.8	21
JM-SD	山东即墨 Jimo, Shandong	120°26′E, 36°23′N	51	G28	2011.6	39
JP-LN	辽宁建平 Jianping, Liaoning	119°36′E, 41°50′N	529	云烟 87 Yunyan 87	2011.7	26
YB-JL	吉林延边 Yanbian, Jilin	123°48′E, 43°42′N	176	吉烟九号 Jiyan 9	2011.7	32
ML-HLJ	黑龙江穆棱 Muleng, Heilongjiang	129°37′E, 44°33′N	573	龙江 911 Longjiang 911	2011.7	32

表 2 本研究测量的烟蚜形态性状

Table 2 The morphological characters of *Myzus persicae* measured in this study

特征代号 Character code	特征 Character	代号 Character code	特征 Character
A	体长 Body length	K	中足腿节长 Length of femur of middle leg
B	体宽 Body width	L	中足胫节长 Length of tibia of middle leg
C	头宽 Head width	M	后足腿节长 Length of femur of hind leg
D	触角长 Antennal length	N	后足胫节长 Length of tibia of hind leg
E	触角节Ⅲ长 Length of flagellum Ⅲ	O	腹管长 Length of siphunculus
F	触角节Ⅳ长 Length of flagellum Ⅳ	P	腹管宽 Width of siphunculus
G	触角节Ⅴ长 Length of flagellum Ⅴ	Q	两腹管基部距离 Basal diameter of siphunculus
H	触角节Ⅵ长 Length of flagellum Ⅴ	R	尾片长 Cauda length
I	前足腿节长 Length of femur of fore leg	S	Q 值 Q value
J	前足胫节长 Length of tibia of fore leg		

(hierarchical cluster analysis)和主成分分析(principal component analysis)。利用 SPSS 13.0 软件计算得到地理种群间的欧氏距离。通过 Google Earth 得到各个采样点的海拔高度，计算各个采样点间的海拔高度差距，通过互联网 Google Maps Distance Calculator (http://www.Daftlogic.com/projects-google-maps-distance-calculator.htm)获得各个采样点间的地理距离(刘永刚等, 2010)，利用 TFPGA 软件中的 Mantel Test 对欧氏距离和地理距离及海拔高度差距构成的矩阵进行相关性分析。

2　结果

2.1　不同地理种群烟蚜的形态差异分析

不同地理种群烟蚜的形态性状测量数据见表3，结果表明，部分地理种群烟蚜的形态性状特征差异显著。河南许昌（XC-HN）和贵州贞丰（ZF-GZ）种群具有较小的体长、体宽、头宽、触角长、触角节Ⅲ长、触角节Ⅳ长、触角节Ⅴ长、腹管长和腹管基部距离；辽宁建平（JP-LN）、黑龙江穆棱（ML-HLJ）和吉林延边（YB-JL）种群具有较小的触角节Ⅵ长；昭通昭阳（ZT-YN）和贵州贞丰（ZF-GZ）种群具有较小的腿节长和胫节长；黑龙江穆棱（ML-HLJ）种群和河南许昌（XC-HN）种群具有较小的腹管宽；河南许昌（XC-HN）种群的尾片最小。四川叙永（XY-SC）和安徽谯城（QC-AH）种群有较大的体长和头宽；陕西旬阳（XY-SX）和四川叙永（XY-SC）种群有较大体宽；云南陆良（LL-YN）和四川叙永（XY-SC）种群具有较大触角长；云南陆良（LL-YN）种群具有较大的触角鞭节长、腹管基部距离和尾片长；陕西旬阳（XY-SX）和云南陆良（LL-YN）种群具有较大的腿节长、胫节长和腹管长；吉林延边（YB-JL）和重庆武隆（WL-CQ）种群具有较大的腹管宽。以上结果表明，河南许昌（XC-HN）和贵州贞丰（ZF-GZ）种群的各项特征值较小，而陕西旬阳（XY-SX）、云南陆良（LL-YN）和四川叙永（XY-SC）种群的各项特征值较大。

烟蚜表面积Q值可用于烟蚜体型大小的比较。由表4可知，部分地理种群烟蚜的Q值差异显著，其中贵州贞丰（ZF-GZ）种群和河南许昌（XC-HN）种群Q值较小，而四川叙永（XY-SC）种群和安徽谯城（QC-AH）种群Q值较大。

2.2　基于类平均法的聚类分析

按照18个地理种群的亲疏程度进行系统聚类，聚类结果如图1。相似性最高的湖南慈利（CL-HN）和安徽谯城（QC-AH）种群首先聚在一起，而贵州贞丰（ZF-GZ）种群由于各个性状特征的综合指数最小被最后归为一类。当平均距离为6.76时，所有种

表3　18个地理种群烟蚜的形态性状测量数据
Table 3　Morphometric data of 18 geographical populations of *Myzus persicae*

种群代码 Population code	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
JX-GX	2.26 ±0.12 cd	1.16 ±0.08 cde	0.43 ±0.02 abc	1.90 ±0.11 bc	0.45 ±0.03 b	0.37 ±0.03 ab
LL-YN	2.29 ±0.13 bc	1.12 ±0.07 f	0.43 ±0.02 abc	2.01 ±0.12 a	0.47 ±0.08 a	0.38 ±0.03 a
ZF-GZ	1.78 ±0.14 h	0.87 ±0.08 i	0.39 ±0.02 f	1.72 ±0.12 ij	0.37 ±0.05 j	0.30 ±0.03 ij
ZT-YN	2.20 ±0.13 de	1.15 ±0.07 def	0.42 ±0.02 bcd	1.75 ±0.09 ghij	0.39 ±0.03 i	0.32 ±0.02 gh
YH-JX	2.20 ±0.14 de	1.17 ±0.09 bcde	0.43 ±0.02 abc	1.89 ±0.13 bcd	0.43 ±0.03 def	0.34 ±0.04 cd
HD-SC	2.23 ±0.12 cde	1.16 ±0.07 cde	0.44 ±0.02 a	1.81 ±0.1 efgh	0.44 ±0.03 bcdef	0.34 ±0.02 def
CL-HN	2.32 ±0.13 ab	1.17 ±0.08 bcde	0.42 ±0.03 cd	1.84 ±0.13 cdef	0.43 ±0.03 cdef	0.34 ±0.03 defg
XY-SC	2.36 ±0.11 a	1.21 ±0.08 ab	0.44 ±0.02 ab	1.93 ±0.08 b	0.44 ±0.02 bcde	0.37 ±0.03 ab
NNW-SX	2.34 ±0.15 ab	1.17 ±0.08 cde	0.43 ±0.01 abc	1.78 ±0.08 fghi	0.41 ±0.02 ghi	0.33 ±0.03 efgh
WL-CQ	2.33 ±0.12 ab	1.18 ±0.06 abcd	0.44 ±0.02 a	1.81 ±0.18 efgh	0.42 ±0.03 efg	0.34 ±0.03 de
ZX-HB	2.11 ±0.15 f	1.14 ±0.07 ef	0.42 ±0.02 cd	1.79 ±0.11 fgh	0.41 ±0.03 ghi	0.32 ±0.03 fgh
QC-AH	2.36 ±0.10 a	1.20 ±0.08 abc	0.43 ±0.02 abc	1.87 ±0.12 bcde	0.43 ±0.04 defg	0.36 ±0.03 bc
XC-HN	1.99 ±0.13 g	0.95 ±0.20 h	0.41 ±0.02 e	1.70 ±0.09 j	0.40 ±0.03 hi	0.29 ±0.02 j
XY-SX	2.21 ±0.13 de	1.22 ±0.08 a	0.43 ±0.02 abc	1.93 ±0.14 b	0.44 ±0.04 bcd	0.37 ±0.03 ab
JM-SD	2.23 ±0.12 cde	1.15 ±0.08 def	0.42 ±0.02 cd	1.80 ±0.11 fgh	0.42 ±0.03 fgh	0.32 ±0.03 fgh
JP-LN	2.20 ±0.12 de	1.02 ±0.08 h	0.41 ±0.03 e	1.82 ±0.10 defg	0.43 ±0.02 def	0.35 ±0.03 cd
YB-JL	2.16 ±0.13 ef	1.17 ±0.08 bcde	0.44 ±0.02 a	1.80 ±0.14 efgh	0.45 ±0.03 bc	0.34 ±0.03 de
ML-HLJ	2.21 ±0.13 de	1.07 ±0.10 g	0.42 ±0.02 de	1.74 ±0.10 hij	0.41 ±0.03 ghi	0.32 ±0.02 hi
JX-GX	0.28 ±0.02 b	0.63 ±0.05 cdef	0.46 ±0.05 bcd	0.81 ±0.06 bc	0.48 ±0.04 abcd	0.85 ±0.05 bcde

续表 3 Table 3 continued

种群代码 Population code	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
LL-YN	0.30 ±0.03 a	0.69 ±0.05 a	0.48 ±0.05 ab	0.86 ±0.05 a	0.50 ±0.05 abc	0.90 ±0.06 a
ZF-GZ	0.25 ±0.02 ef	0.64 ±0.04 bcd	0.37 ±0.05 h	0.69 ±0.06 g	0.39 ±0.06 i	0.71 ±0.07 i
ZT-YN	0.25 ±0.02 ef	0.62 ±0.03 def	0.40 ±0.05 g	0.73 ±0.04 f	0.41 ±0.05 hi	0.78 ±0.04 h
YH-JX	0.28 ±0.02 b	0.66 ±0.04 ab	0.46 ±0.04 cd	0.78 ±0.07 de	0.47 ±0.05 cde	0.80 ±0.14 gh
HD-SC	0.25 ±0.02 ef	0.61 ±0.05 def	0.46 ±0.04 cd	0.81 ±0.04 bc	0.45 ±0.04 ef	0.85 ±0.04 bcd
CL-HN	0.27 ±0.03 cd	0.63 ±0.05 cdef	0.45 ±0.04 de	0.78 ±0.06 de	0.47 ±0.06 cde	0.82 ±0.06 cdefg
XY-SC	0.28 ±0.02 b	0.67 ±0.03 ab	0.48 ±0.04 abc	0.81 ±0.05 bc	0.50 ±0.05 ab	0.86 ±0.06 bc
NNW-SX	0.25 ±0.02 def	0.63 ±0.03 cdef	0.45 ±0.05 de	0.79 ±0.06 cde	0.46 ±0.05 def	0.82 ±0.06 defg
WL-CQ	0.27 ±0.03 c	0.64 ±0.04 bcd	0.45 ±0.04 cd	0.77 ±0.05 e	0.47 ±0.06 def	0.82 ±0.06 efg
ZX-HB	0.25 ±0.02 ef	0.64 ±0.04 bcd	0.45 ±0.05 de	0.78 ±0.06 de	0.44 ±0.05 fg	0.81 ±0.06 efg
QC-AH	0.27 ±0.03 cd	0.65 ±0.05 bc	0.47 ±0.04 bcd	0.82 ±0.05 b	0.47 ±0.06 cde	0.85 ±0.05 bcd
XC-HN	0.24 ±0.02 f	0.61 ±0.04 ef	0.42 ±0.05 fg	0.77 ±0.06 e	0.42 ±0.04 h	0.81 ±0.08 fgh
XY-SX	0.28 ±0.03 b	0.67 ±0.07 ab	0.49 ±0.05 a	0.87 ±0.07 a	0.51 ±0.05 a	0.91 ±0.07 a
JM-SD	0.26 ±0.02 def	0.63 ±0.06 cde	0.47 ±0.04 bcd	0.81 ±0.06 bcd	0.47 ±0.05 def	0.84 ±0.05 bcdef
JP-LN	0.26 ±0.02 cde	0.60 ±0.08 ef	0.45 ±0.04 de	0.77 ±0.05 e	0.45 ±0.04 efg	0.82 ±0.06 efg
YB-JL	0.27 ±0.03 bc	0.60 ±0.07 f	0.47 ±0.04 abc	0.83 ±0.06 b	0.48 ±0.04 bcde	0.87 ±0.06 b
ML-HLJ	0.25 ±0.02 ef	0.60 ±0.05 ef	0.43 ±0.03 ef	0.81 ±0.04 bcd	0.43 ±0.05 g	0.83 ±0.04 bcdef
JX-GX	0.64 ±0.05 bcd	1.18 ±0.09 def	0.48 ±0.04 fg	0.53 ±0.06 cde	0.54 ±0.05 g	0.16 ±0.03 bcdefg
LL-YN	0.69 ±0.04 a	1.30 ±0.07 a	0.53 ±0.04 a	0.55 ±0.05 ab	0.60 ±0.05 a	0.19 ±0.03 a
ZF-GZ	0.51 ±0.07 g	0.97 ±0.10 i	0.42 ±0.04 h	0.50 ±0.03 ghi	0.42 ±0.05 i	0.14 ±0.03 fg
ZT-YN	0.57 ±0.05 f	1.09 ±0.06 h	0.47 ±0.04 g	0.50 ±0.03 efghi	0.55 ±0.05 efg	0.15 ±0.03 defg
YH-JX	0.63 ±0.06 cde	1.13 ±0.10 gh	0.48 ±0.04 defg	0.52 ±0.05 cdef	0.57 ±0.04 bcdefg	0.17 ±0.04 abc
HD-SC	0.63 ±0.05 cde	1.22 ±0.06 bc	0.48 ±0.03 efg	0.55 ±0.05 abc	0.58 ±0.05 abcd	0.15 ±0.03 efg
CL-HN	0.63 ±0.05 cde	1.14 ±0.07 fg	0.49 ±0.04 cdef	0.52 ±0.04 defg	0.56 ±0.06 cdefg	0.16 ±0.03 cdefg
XY-SC	0.66 ±0.04 ab	1.20 ±0.06 cd	0.49 ±0.03 cdef	0.54 ±0.05 bcd	0.54 ±0.07 fg	0.17 ±0.04 bcd
NNW-SX	0.61 ±0.06 e	1.15 ±0.06 efg	0.47 ±0.04 g	0.50 ±0.06 efgh	0.55 ±0.04 defg	0.15 ±0.02 defg
WL-CQ	0.63 ±0.06 de	1.13 ±0.09 g	0.49 ±0.03 cdefg	0.57 ±0.04 a	0.57 ±0.05 bcdef	0.16 ±0.03 bcde
ZX-HB	0.60 ±0.05 e	1.13 ±0.08 gh	0.50 ±0.03 bcde	0.51 ±0.05 efg	0.57 ±0.05 abcde	0.16 ±0.03 bcde
QC-AH	0.65 ±0.05 bcd	1.19 ±0.06 cde	0.50 ±0.03 bcd	0.54 ±0.04 bc	0.57 ±0.04 bcdefg	0.16 ±0.03 bcdef
XC-HN	0.56 ±0.05 f	1.12 ±0.09 gh	0.43 ±0.04 h	0.48 ±0.05 i	0.51 ±0.05 h	0.14 ±0.03 g
XY-SX	0.67 ±0.06 ab	1.26 ±0.11 b	0.51 ±0.05 b	0.52 ±0.04 cde	0.58 ±0.07 abcde	0.17 ±0.04 bcd
JM-SD	0.62 ±0.05 de	1.15 ±0.07 fg	0.48 ±0.03 fg	0.49 ±0.05 hi	0.57 ±0.06 bcdef	0.15 ±0.03 cdefg
JP-LN	0.60 ±0.04 e	1.13 ±0.07 g	0.50 ±0.03 bc	0.50 ±0.04 fghi	0.58 ±0.04 abc	0.18 ±0.04 ab
YB-JL	0.65 ±0.04 bc	1.20 ±0.07 cd	0.49 ±0.03 cdefg	0.57 ±0.05 a	0.59 ±0.05 ab	0.17 ±0.04 bcd
ML-HLJ	0.57 ±0.05 f	1.18 ±0.06 def	0.51 ±0.03 b	0.48 ±0.03 hi	0.57 ±0.05 bcdef	0.16 ±0.03 bcdefg

表中数据为平均值 ± 标准差；同列数据后不同小写字母表示标准化后的数据在 $P<0.05$ 水平差异显著(Duncan 氏新复极差法)。下同。Data in the table are mean ± *SD*, and those in the same column followed by different letters indicate significant differences at $P<0.05$ level by Duncan's multiple range test. The same below.

表 4　18 个地理种群烟蚜的 Q 值

Table 4　The Q values of 18 geographical populations of *Myzus persicae*

种群代码 Population code	Q 值(mm^2) Q value	种群代码 Population code	Q 值(mm^2) Q value
JX-GX	2.62 ± 0.29 bcde	WL-CQ	2.75 ± 0.24 ab
LL-YN	2.56 ± 0.24 de	ZX-HB	2.41 ± 0.26 f
ZF-GZ	1.56 ± 0.24 i	QC-AH	2.83 ± 0.24 a
ZT-YN	2.53 ± 0.27 e	XC-HN	1.89 ± 0.42 h
YH-JX	2.58 ± 0.31 de	XY-SX	2.69 ± 0.28 bcd
HD-SC	2.59 ± 0.24 cde	JM-SD	2.56 ± 0.25 de
CL-HN	2.73 ± 0.29 abc	JP-LN	2.25 ± 0.24 g
XY-SC	2.86 ± 0.24 a	YB-JL	2.55 ± 0.29 de
NNW-SX	2.74 ± 0.32 ab	ML-HLJ	2.37 ± 0.30 fg

群被分为两大类，即贵州贞丰(ZF-GZ)种群为Ⅰ类，其他种群为Ⅱ类；当平均距离为 5.05 时，吉林延边(YB-JL)、陕西旬阳(XY-SX)和云南陆良(LL-YN)种群从Ⅱ中分离出来聚为一类，Ⅱ中其余种群由于相似度较高聚成另一类；当平均距离为 4.84 时，所有种群被分为四大类，辽宁建平(JP-LN)、黑龙江穆棱(ML-HLJ)、云南昭通(ZT-YN)、陕西南泥湾(NNW-SX)、湖南慈利(CL-HN)、安徽谯城(QC-AH)和重庆武隆(WL-CQ)种群从Ⅱ中分离出来聚为一类，河南许昌(XC-HN)、湖北竹溪(ZX-HB)、江西宜黄 YH-JX)、山东即墨(JM-SD)、四川会东(HD-SC)、广西靖西(JX-GX)和四川叙永(XY-SC)种群从Ⅱ中分离出来聚为一类。

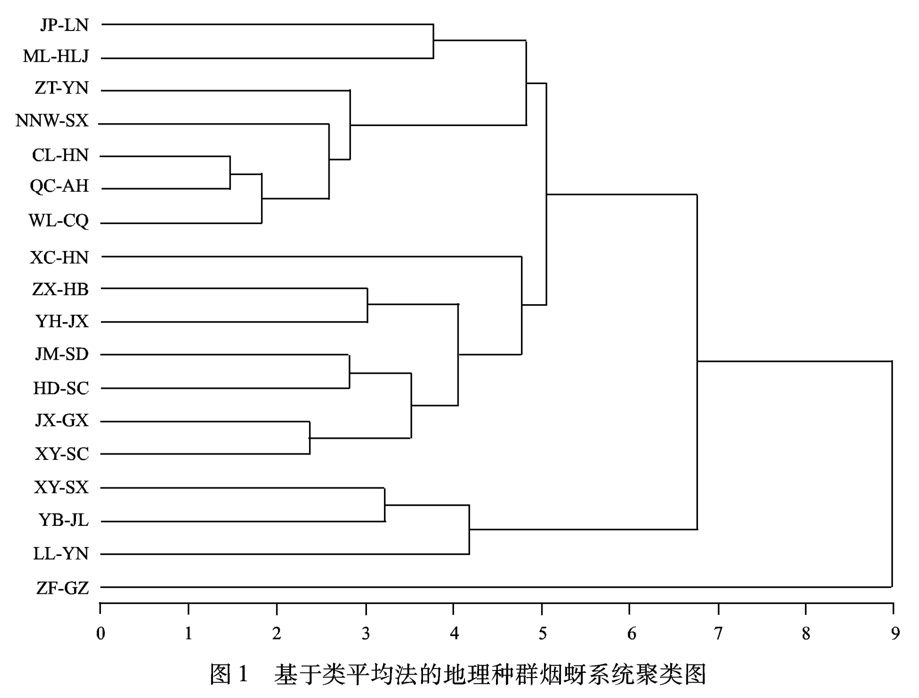


图 1　基于类平均法的地理种群烟蚜系统聚类图

Fig. 1　Cluster analysis of geographical populations of *Myzus persicae* by average method

种群代码同表 1。Population codes are the same as in Table 1.

2.3　18 个地理种群烟蚜主成分分析

不同地理种群烟蚜各个性状比例特征的特征值如表 5 所示。Prin 1，Prin 2 和 Prin 3 三个主分量的累计贡献率达到 82.97%，能够反映绝大部分的烟蚜形态特征变异信息，贡献率的集中表明 18 个形态性状比例特征所描述的不同地理种群烟蚜的相似程度较高，形态性状特征演化方向基本一致。

第 1 主成分 Prin 1 = (0.0612 * B/A + 0.2329 * C/A + 0.2742 * D/A + 0.2829 * E/A + 0.2492 * F/A + 0.2609 * G/A + 0.2293 * H/A + 0.2479 * I/A + 0.2711 * J/A + 0.2453 * K/A + 0.2676 * L/A + 0.2491 * M/A + 0.2595 * N/A + 0.2255 * O/A + 0.2244 * P/A + 0.1431 * Q/A + 0.2389 * R/A − 0.1707 * S)，特征值为 11.0102，贡献率为 61.17%，是各形态比例特征的综合效应，除了体宽/体长和 Q 值系数较小以外，其他形态性状特征系数比较大且接近，其作用相对较大。

第 2 主成分 Prin 2 = (0.4206 * B/A − 0.2424 *

表 5　不同地理种群烟蚜的 18 个形态性状比例特征的特征值

Table 5　The Eigenvalues of 18 characters of geographical populations of *Myzus persicae*

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累计贡献率(%) Cumulative contribution rate	主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累计贡献率(%) Cumulative contribution rate
Prin 1	11.0102	61.17	60.43	Prin 10	0.0770	0.43	99.45
Prin 2	2.3469	13.04	74.21	Prin 11	0.0497	0.28	99.73
Prin 3	1.5767	8.76	82.97	Prin 12	0.0175	0.10	99.83
Prin 4	1.1903	6.61	89.58	Prin 13	0.0128	0.07	99.90
Prin 5	0.7830	4.35	93.93	Prin 14	0.0091	0.05	99.95
Prin 6	0.4018	2.23	96.16	Prin 15	0.0056	0.03	99.98
Prin 7	0.2768	1.54	97.70	Prin 16	0.0033	0.02	100
Prin 8	0.1533	0.85	98.55	Prin 17	0.0006	0	100
Prin 9	0.0853	0.47	99.02	Prin 18	0	0	100

C/A －0.2116 * D/A ＋0.0057 * E/A －0.0114 * F/A －0.1156 * G/A －0.3307H/A ＋0.3174 * I/A ＋0.0739 * J/A ＋0.2376 * K/A ＋0.0852 * L/A ＋0.3122 * M/A ＋0.1127 * N/A －0.0258 * O/A －0.1629 * P/A ＋0.2678 * Q/A －0.0307 * R/A ＋0.4657 * S)，特征值为2.3469，贡献率为13.04%。其中体宽比体长和 Q 值的作用系数高达 0.4206 和 0.4657，在主成分 2 中发挥作用较大。

第 3 主成分 Prin 3 =(0.2091 * B/A －0.0397 * C/A ＋0.1480 * D/A －0.0177 * E/A ＋0.3028 * F/A ＋0.2773 * G/A ＋0.1575 * H/A －0.0109 * I/A －0.1905 * J/A ＋0.2802 * K/A －0.2023 * L/A ＋0.1883 * M/A －0.2316 * N/A －0.3312 * O/A ＋0.1676 * P/A －0.5378 * Q/A －0.0535 * R/A ＋0.2535 * S)，特征值为 1.5767，贡献率为 8.76%，相对于 Prin 1 和 Prin 2，Prin 3 的各个变量的作用效应相对较小，并且部分比例特征表现为负作用。

由主成分分析得到了不同地理种群烟蚜前 3 个主成分的得分，并用主成分得分绘制 Prin 1 和 Prin 2，Prin 1 和 Prin 3，Prin 2 和 Prin 3 二位排序图(图 2)，该图可以反映出不同烟蚜地理种群的远近关系。

由 Prin 1 和 Prin 2 的二位排序图(图 2：A)可知，多数烟蚜地理种群比较集中，云南陆良(LL-YN)、吉林延边(YB-JL)和陕西旬阳(XY-SX)种群为一组，其中吉林延边(YB-JL)和陕西旬阳(XY-SX)种群的性状比例特征值综合效应更接近；贵州贞丰(ZF-GZ)种群由于性状比例特征的综合效应最小而分开；其他种群由于分布较密集合并为一组。在与系统聚类结果比较时发现两者结果一致。

由 Prin 1 和 Prin 3 的二位排序图(图 2：B)可知，云南陆良(LL-YN)、吉林延边(YB-JL)和陕西旬阳(XY-SX)种群归为一组，云南陆良(LL-YN)和吉林延边(YB-JL)的性状比例特征值综合效应接近；贵州贞丰(ZF-GZ)种群还是单独为一组；云南昭通(ZT-YN)、陕西南泥湾(NNW-SX)、湖南慈利(CL-HN)、安徽谯城(QC-AH)和重庆武隆(WL-CQ)、河南许昌(XC-HN)、湖北竹溪(ZX-HB)、四川会东(HD-SC)、山东即墨(JM-SD)和辽宁建平(JP-LN)种群为一组；黑龙江穆棱(ML-HLJ)种群的性状比例特征值与其他种群相对较远被分离出来；江西宜黄(YH-JX)、广西靖西(JX-GX)和四川叙永(XY-SC)种群为一组。该结果与系统聚类结果基本吻合。

由 Prin 2 和 Prin 3 的二位排序图(图 2：C)可以看到，由于 Prin 2 和 Prin 3 主要影响的变量效应与 Prin 1 相差较大，与图 2(A，B)和系统聚类结果差异比较大，贵州贞丰种群单独为一类，黑龙江穆棱(ML-HLJ)、辽宁建平(JP-LN)和河南许昌(XC-HN)种群为一类，其余的种群为一类。

2.4　欧氏距离和地理距离及海拔高度差距的相关性

欧氏距离的大小能够反映种群间的相似程度高低。18 个烟蚜地理种群的欧氏距离如表 6 所示，种群间的欧氏距离在 1.833 ~ 15.942 之间，其中河南许昌和贵州贞丰种群与其他种群的欧式距离最大，其他种群间的欧式距离相对接近且较小。

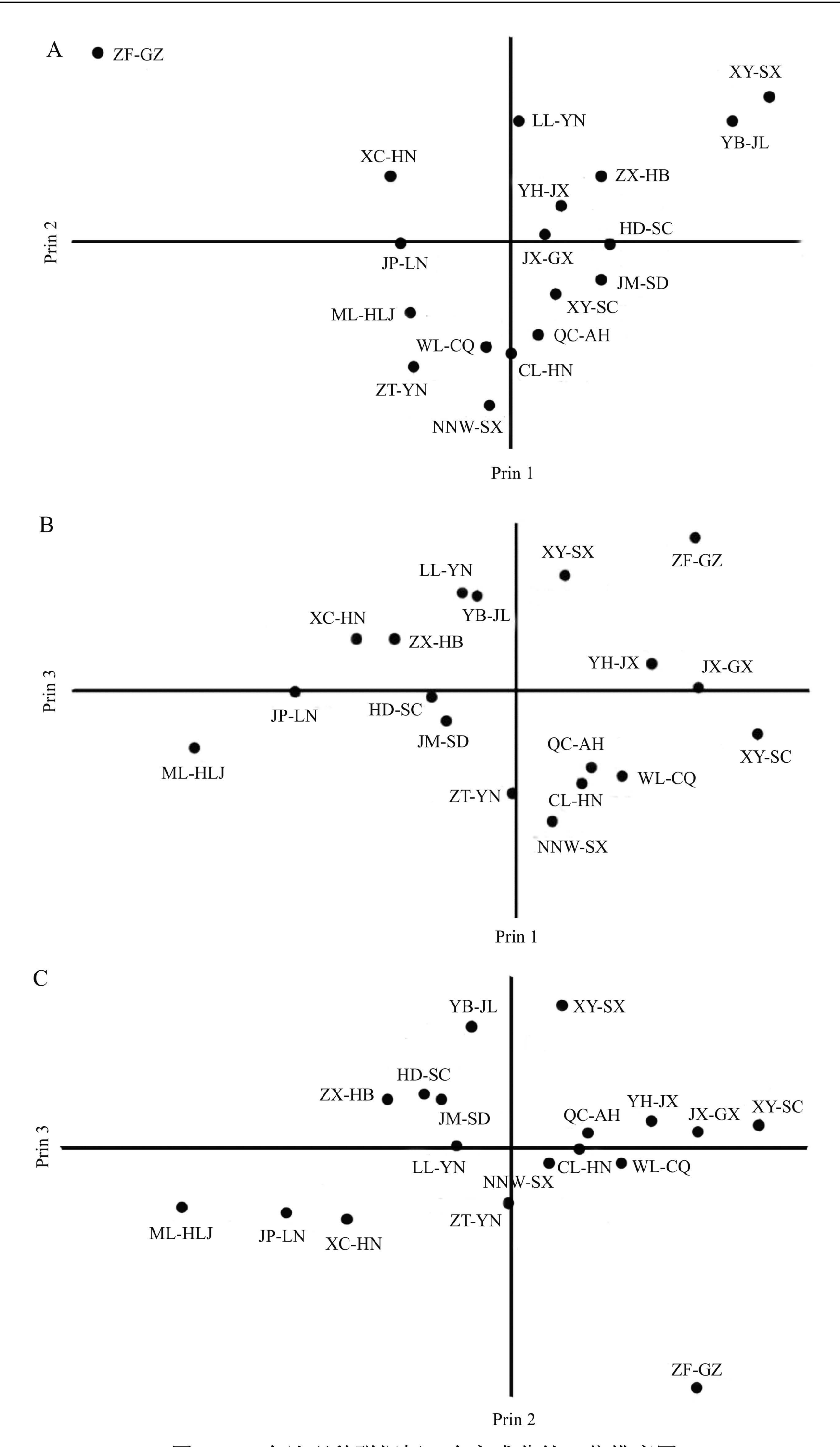


图 2　18 个地理种群烟蚜 3 个主成分的二位排序图

Fig. 2　Ordination on the principal component coordinates Prin 1/Prin 2, Prin 1/Prin 3 and Prin 2/Prin 3 for 18 populations of *Myzus persicae*

种群代码同表 1。Population codes are the same as in Table 1.

运用 TFPGA 软件进行 Mantel Test 检测欧氏距离和地理距离及海拔差距的相关性，得到两个关系图(图 3)。图 3(A)显示，欧氏距离和地理距离不具有相关性($r = -0.0859$，$P = 0.7240$)，图 3(B)表明，欧氏距离和海拔差距亦不具有相关性($r = 0.0635$，$P = 0.3620$)。

表 6 不同烟蚜地理种群的欧氏距离矩阵

Table 6 The Euclidean distance matrix of different geographical populations of *Myzus persicae*

	JP-LN	ML-HLJ	XC-HN	ZT-YN	ZF-GZ	XY-SX	ZX-HB	LL-YN	NNW-SX	JM-SD	YB-JL	CL-HN	JX-GX	XY-SC	YH-JX	WL-CQ	QC-AH	HD-SC
JP-LN	0																	
ML-HLJ	3.130	0																
XC-HN	6.045	4.745	0															
ZT-YN	4.722	3.560	4.442	0														
ZF-GZ	9.889	9.427	5.865	7.829	0													
XY-SX	6.539	7.292	10.243	8.712	14.421	0												
ZX-HB	3.079	2.847	5.410	3.358	9.405	6.120	0											
LL-YN	7.817	9.227	12.282	10.676	15.942	3.556	8.117	0										
NNW-SX	4.339	3.583	5.880	3.481	10.323	6.007	2.786	8.405	0									
JM-SD	3.543	3.094	5.639	4.194	10.364	5.352	2.236	7.829	1.833	0								
YB-JL	4.961	5.605	8.340	6.697	12.777	4.447	4.619	6.151	4.555	4.356	0							
CL-HN	3.552	3.868	6.709	4.256	10.837	5.053	2.771	7.090	2.003	2.181	3.767	0						
JX-GX	4.578	5.502	7.895	6.113	11.866	3.627	4.370	5.543	3.757	3.617	3.293	2.530	0					
XY-SC	6.018	6.962	9.640	7.439	13.344	2.762	5.423	4.519	4.786	4.811	4.219	3.736	2.441	0				
YH-JX	4.177	5.316	7.641	5.313	11.028	4.602	3.307	6.045	3.713	3.501	4.215	2.655	2.750	3.135	0			
WL-CQ	4.754	5.208	7.740	4.892	11.386	5.334	3.466	6.992	3.022	3.752	3.370	2.377	3.229	3.574	2.792	0		
QC-AH	4.876	5.321	8.414	6.008	12.452	3.430	3.966	5.605	3.336	3.468	3.415	2.397	2.370	2.157	3.021	2.422	0	
HD-SC	4.736	4.334	6.886	5.133	11.572	5.171	3.540	7.363	2.884	3.129	2.798	2.936	3.443	4.632	4.341	3.029	3.010	0

从陇南、陇中等地向银川、内蒙、承德等地迁飞(张向才和周广和，1985)；麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 更可纵跨美国，从南方迁飞到北方甚至加拿大(Kring，1972)。推测这种蚜虫距离不同的迁飞能力，缩小了不同地理种群间的形态差异。

烟蚜的形态差异与地理气候有一定相关性，但并不完全随地理气候的变化而变化，还受到烟蚜的越冬虫源、迁飞能力、寄主多样性等多种因素的影响。本文仅就所采集的 18 个地理种群的烟蚜形态特征差异进行了分析，而形态变异与自然地理气候条件间的具体作用方式还无法明确，尚需要进一步开展相关研究。

参考文献(References)

Angela C, Mazzoni E, Pecchioni N, Rau D, Cassanelli S, Bizzaro D, Manicardi G, 2006. Genetic variability among different Italian populations of the aphid *Myzus persicae*. *Caryologia*, 59(4): 326 - 333.

Blackman RL, 1974. Life-cycle variation of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in different part of the world, in relation to genotype and environment. *Bulletin of Entomological Research*, 63: 595 - 607.

Fang Y, Qiao GX, Zhang GX, 2006. Morphometric variation of eight aphid species feeding on the leaves of bamboos. *Acta Entomologica Sinica*, 49(6): 991 - 1001. [方燕, 乔格侠, 张广学, 2006. 竹类植物叶片上八种蚜虫的形态变异分析. 昆虫学报, 49(6): 991 - 1001]

Girousse C, Moulia B, Silk W, Bonnemain JL, 2005. Aphid infestation causes different changes in carbon and nitrogen allocation in alfalfa stems as well as different inhibitions of longitudinal and radial expansion. *Plant Physiology*, 137(4): 1474 - 1484.

Goundoudaki S, Tsitsipis JA, Margaritopoulos JT, Zarpas KD, Divanidis S, 2003. Performance of the tobacco aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on Oriental and Virginia tobacco varieties. *Agricultural and Forest Entomology*, 5: 285 - 291.

Gray SM, Gildow FE, 2003. Luteovirus-aphid interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 41: 539 - 566.

Karley AJ, Parker WE, Pitchford JW, Douglas AE, 2004. The mid-season crash in aphid populations: why and how does it occur? *Ecological Entomology*, 29: 383 - 388.

Kring JB, 1972. Flight behavior of aphids. *Annual Review of Entomology*, 17: 461 - 492.

Li XR, Zhang GX, Zhu HF, 1963. Bionomics of *Myzus persicae* (Sulzer) on tobacco. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2(3): 297 - 308. [李显荣, 张广学, 朱弘复, 1963. 烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)的研究. 植物保护学报, 2(3): 297 - 308]

Liu J, Wu KM, Zhao KJ, Guo YY, 2003. Morphological variation of growth and development in *Aphis gossypii* Glover collected from different climate zones. *Cotton Science*, 15(1): 13 - 16. [刘健, 吴孔明, 赵奎军, 郭予元, 2003. 不同气候带棉蚜种群生长发育的形态指标. 棉花学报, 15(1): 13 - 16]

Liu XD, Zhai BP, Zhang XX, 2004. Advance in the studies of migration of aphids. *Entomological Knowledge*, 41(4): 301 - 307. [刘向东, 翟保平, 张孝羲, 2004. 蚜虫迁飞的研究进展. 昆虫知识, 41(4): 301 - 307]

Liu YG, Qi YH, Li HX, Guo MK, Lv HP, Zhang JL, He CG, 2010. Genetic similarity of *Myzus persicae* from different geographical populations in Gansu province. *Scientia Agricultura Sinica*, 43(15): 3134 - 3142. [刘永刚, 漆永红, 李惠霞, 郭满库, 吕和平, 张俊莲, 贺春贵, 2010. 甘肃不同地理种群桃蚜的遗传相似性. 中国农业科学, 43(15): 3134 - 3142]

Lv ZY, Yang MF, Shi PQ, Li SW, Liao QR, Shang SH, 2013. Genetic diversity analysis of *Myzus persicae* (Sulzer) in Guizhou province. *Scientia Agricultura Sinica*, 46(13): 2685 - 2694. [吕召云, 杨茂发, 师沛琼, 李尚伟, 廖启荣, 商胜华, 2013. 贵州省烟蚜遗传多样性分析. 中国农业科学, 46(13): 2685 - 2694]

Meng L, Li BP, Dong YC, 1998. A morphometric analysis on the food-preference forms of cotton aphids from Xinjiang, China. *Entomological Knowledge*, 35(6): 326 - 330. [孟玲, 李保平, 董应才, 1998. 新疆棉蚜食物专化性的形态测量分析. 昆虫知识, 35(6): 326 - 330]

Mowry TM, 2005. Insecticidal reduction of potato leafroll virus transmission by *Myzus persicae*. *Annals of Applied Biology*, 146: 81 - 88.

Pegadaraju V, Knepper C, Reese J, Shah J, 2005. Premature leaf senescence modulated by the *Arabidopsis PHYTOALEXIN DEFICIENT*4 gene is associated with defense against the phloem-feeding green peach aphid. *Plant Physiology*, 139(4): 1927 - 1934.

Ramsey JS, Wilson ACC, De Vos M, Sun Q, Tamborindeguy C, Winfield A, Malloch G, Smith DM, Fenton B, Gray SM, Jander G, 2007. Genomic resources for *Myzus persicae*: EST sequencing, SNP identification, and microarray design. *BMC Genomics*, 8: 423 - 439.

Tadashi T, 1957. Studies on the two ecological forms of *Myzus persicae* Sulzer: Ⅰ. Colour variation and distribution of the two coloured form on cabbage in the greenhouse. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 1(2): 88 - 94.

Takada H, 1988. Breeding trials between "tabacco form" and "non-tobacco form" of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 32(1): 60 - 62.

Vorburger C, 2006. Temporal dynamics of genotypic diversity reveal strong clonal selection in the aphid *Myzus persicae*. *Journal of Evolutionary Biology*, 19: 97 - 107.

Wang MT, Zhang XX, 1991. Study on the colorific biotypes of green peach aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 18(4): 351 - 355. [王茂涛, 张孝羲, 1991. 桃蚜体色生物型的研究. 植物保护学报, 18(4): 351 - 355]

Wilson ACC, Sunnucks P, Blackman RL, Hales DF, 2002. Microsatellite variation in cyclically parthenogenetic population of *Myzus persicae* in south-eastern Australia. *Heredity*, 88: 258 - 266.

Xie XY, 1992. Two bio-types of *Myzus persicae* (Homoptera:

Aphididae) in crucifers. *Plant Protection*, 18(1): 31 – 32. [谢贤元, 1992. 十字花科植物上桃蚜的两个生物型. 植物保护, 18(1): 31 – 32]

Yang XW, Zhang XX, Chen XF, Wang Y, 1999. On the RAPD-PCR analysis of DNA polymorphism of green peach aphid from different host plants. *Acta Phytophylacica Sinica*, 26(2): 147 – 152. [杨效文, 张孝羲, 陈晓峰, 王瑛, 1999. 不同寄主植物上烟蚜 DNA 多态性的 RAPD-PCR 分析. 植物保护学报, 26(2): 147 – 152]

Yang XW, Zhang XX, Zhang SF, 1998. Morphological studies on *Myzus persicae* in China. *Entomologia Sinica*, 5(4): 362 – 369.

Yasen SL, Gao S, Bai S, Nong XQ, Tu XB, Zhang ZH, 2011. Numerical analysis on morphometrics of nine geographical populations of Tibetan migratory locust: *Locusta migratoria tibetensis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 862 – 871. [牙森·沙力, 高松, 白松, 农向群, 涂雄兵, 张泽华, 2011. 散居型西藏飞蝗九个地理种群形态特征的数量分析. 应用昆虫学报, 48(4): 862 – 871]

Yasen SL, Gao S, Ge SLB, Ni MCR, Zhang ZH, 2010. Numerical analysis on morphometrics of nine geographical populations for gregarious *Locusta migratoria tibetensis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1201 – 1207. [牙森·沙力, 高松, 格桑罗布, 尼玛次仁, 张泽华, 2010. 西藏飞蝗九个地理种群群居型形态特征的数量分析. 昆虫知识, 47(6): 1201 – 1207]

Zhang XC, Zhou GH, Shi M, Fang JZ, Zhao ZP, Li SH, Dong QZ, Wei K, 1985. Studies on the long-distance migration and virus transmission by the aphid *Sitobion avenae* (F.). *Acta Phytophylacica Sinica*, 12(1): 9 – 16. [张向才, 周广和, 史明, 方建中, 赵争平, 李淑华, 董庆周, 魏凯, 1985. 麦蚜远距离迁飞和传毒规律的研究. 植物保护学报, 12(1): 9 – 16]

Zhao WY, 1981. Bionomics of *Myzus persicae* (Sulzer) on tobacco. *Acta Phytophylacica Sinica*, 8(3): 203 – 206. [赵万源, 1981. 云南省烟蚜的研究. 植物保护学报, 8(3): 203 – 206]

Zheng FS, Du YZ, Cai C, Xu R, 2007. Numerical character variations of geographical populations of *Galerucella birmanica* Jacoby (Coleoptera: Chrysomelidae) in China. *Entomotaxonomia*, 29(3): 209 – 214. [郑福山, 杜予州, 蔡超, 徐冉, 2007. 菱角萤叶甲不同地理种群数量性状变异(鞘翅目: 叶甲科). 昆虫分类学报, 29(3): 209 – 214]

(责任编辑: 袁德成)